

98 8730



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 42 06 675 C 2

⑤① Int. Cl.⁶:
G 01 L 13/06
G 01 L 7/08
G 01 L 9/12
G 01 L 19/06

B7

②① Aktenzeichen: P 42 06 675.1-52
②② Anmeldetag: 28. 2. 92
④③ Offenlegungstag: 2. 9. 93
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 27. 4. 95

DE 42 06 675 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Arndt, Frank, Dr.rer.nat., 10627 Berlin, DE; Houdeau,
Detlef, Dipl.-Ing., 12161 Berlin, DE; Rauch, Moritz
von, 14055 Berlin, DE; Schlaak, Helmut, Dr.-Ing.,
14195 Berlin, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 32 36 720 C2
DE 40 11 734 A1
DE 28 54 262 A1
DE 28 27 725 A1
EP 00 07 596 B1

⑤④ Verfahren zum Herstellen von Druckdifferenz-Sensoren

DE 42 06 675 C 2

BEST AVAILABLE COPY

Aus der EP 0 007 596 B1 ist ein Druckdifferenz-Sensor mit einer Halbleiter-Meßmembran bekannt, die zwischen zwei Tragteilen unter Bildung jeweils einer Innenkammer isoliert eingespannt ist, wobei die Tragteile innen jeweils eine flächenhafte Elektrode tragen und die eine Innenkammer über eine Durchgangsöffnung in dem einen Tragteil mit einem Druck und die andere Innenkammer mit einem weiteren Druck der zu messenden Druckdifferenz beaufschlagbar ist. Bei diesem Sensor ist auch seine andere Innenkammer über eine Durchgangsöffnung in dem entsprechenden Tragteil mit einem weiteren Druck der zu messenden Druckdifferenz beaufschlagbar, so daß mit diesem bekannten Druckdifferenz-Sensor auch eine Druckdifferenz im herkömmlichen Sinne erfaßbar ist. Der bekannte Druckdifferenz-Sensor aber kann selbstverständlich auch zur Druckmessung verwendet werden, indem beispielsweise in dem weiteren Tragteil eine Durchgangsöffnung nicht vorgesehen ist und die mit diesem weiteren Tragteil und der Halbleiter-Meßmembran gebildete Innenkammer evakuiert oder mit Außenluft verbunden ist.

Der bekannte Druckdifferenz-Sensor ist in einem Druckdifferenz-Meßgerät in der Weise angeordnet, daß er allseitig außen druckbelastet ist, um radiale Auswirkungen des Innendrucks im Druckdifferenz-Sensor auf das Meßverhalten zu kompensieren. Der statische Druck in einem Druckdifferenz-Sensor auf das Meßverhalten zu kompensieren. Der statische Druck in einem Druckdifferenz-Sensor führt nämlich ohne Gegenmaßnahmen zu einer radialen Ausdehnung, was zu einer Erhöhung der Vorspannung der Meßmembran führt. Dadurch wird die Meßmembran steifer und dadurch bei gleicher Druckbeanspruchung ihre Auslenkung geringer. Dadurch reduziert sich auch das Meßsignal, das sich in erster Näherung aus den Abständen von den flächenhaften Elektroden zur Halbleiter-Meßmembran ergibt. Bei dem bekannten Druckdifferenz-Sensor kompensiert die äußere Druckbelastung diese Auswirkungen, führt aber dazu, daß sogar eine Überkompensation eintritt, indem die Meßmembran unter Druckspannung gerät, wodurch der oben erläuterte Meßfehler sein Vorzeichen wechselt. Außerdem ist die Halterung des bekannten Druckdifferenz-Sensors im Gehäuse eines Druckdifferenz-Meßgerätes verhältnismäßig aufwendig.

Diesbezüglich vorteilhafter ist ein anderer bekannter Druckdifferenz-Sensor (DE 32 36 720 C2), der im Bereich der Einspannung der Halbleiter-Meßmembran einen inneren, druckbelasteten Ausgleichsraum enthält, der sich lediglich peripher über beide Tragteile erstreckt. Dieser Sensor ist relativ einfach in das Gehäuse eines Druckdifferenz-Meßgerätes einbaubar und wird durch den statischen Druck so gut wie gar nicht in seiner Meßgenauigkeit beeinträchtigt, weil eine Kompensation von Auswirkungen des statischen Drucks in seinen Innenkammern im Druckdifferenz-Sensor selbst dadurch kompensiert wird, daß der Sensor mit einer druckbelasteten Ausgleichskammer versehen ist, die außen um die Innenkammern verläuft. Der Druck im Ausgleichsraum wirkt dem statischen Druck in den Innenkammern des Druckdifferenz-Sensors entgegen und verhindert dadurch, daß sich die Vorspannung der Halbleiter-Meßmembran in Abhängigkeit vom statischen Druck in den Innenkammern verändert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Herstellen von Druckdifferenz-Sensoren

der zuletzt angegebenen Art anzugeben, das sich einfach durchführen läßt.

Die Lösung dieser Aufgabe werden erfindungsgemäß bei einem Verfahren zum Herstellen von Druckdifferenz-Sensoren, bei denen eine Halbleiter-Meßmembran zwischen zwei Tragteilen unter Bildung jeweils einer Innenkammer eingespannt ist, die Tragteile innen jeweils eine flächenhafte Elektrode tragen, die eine Innenkammer über eine Durchgangsöffnung in dem einen Tragteil mit einem Druck und die andere Innenkammer mit einem weiteren Druck entsprechend der zu messenden Druckdifferenz beaufschlagbar sind und im Bereich innerhalb der Einspannung der Halbleiter-Meßmembran ein innerer, druckbelasteter Ausgleichsraum vorhanden ist, der sich lediglich peripher über beide Tragteile erstreckt, folgende Schritte durchgeführt: Ein Wafer mit mehreren, mit jeweils einer flächenhaften Elektrode und mit jeweils mit einem äußeren Anschluß versehenen Tragteilen wird durch Bonden auf einen weiteren Wafer mit mehreren Halbleiter-Meßmembranen aufgebracht, wobei am weiteren Wafer jeweils an einer Seite der Halbleiter-Meßmembranen ein rechteckförmiges Durchgangsloch vorhanden ist, durch von dem rechteckförmigen Durchgangsloch und im spitzen Winkel zu seiner Längserstreckung verlaufende Teilschnitte durch den weiteren Wafer wird jeweils ein im Zuge des rechteckförmigen Durchgangsloches liegender Steg des weiteren Wafers von den Halbleiter-Meßmembranen isoliert, ein zusätzlicher Wafer mit mehreren, mit jeweils einer flächenhaften Elektrode und mit jeweils mit einem äußeren Anschluß versehenen weiteren Tragteilen wird durch Bonden mit dem weiteren Wafer verbunden, und mittels Trennschnitten durch die rechteckförmigen Durchgangslöcher in deren Längserstreckung und senkrecht dazu werden die Druckdifferenz-Sensoren gebildet.

Der Vorteil dieses Verfahrens besteht nicht nur darin, daß im Nutzen mehrere Druckdifferenz-Sensoren übereinstimmender Ausführung gewissermaßen parallel hergestellt werden können, sondern vor allem auch darin, daß mit diesem Herstellverfahren die äußeren Anschlüsse für die Halbleiter-Meßmembran und die beiden flächenhaften Elektroden in vergleichsweise einfacher Weise geschaffen werden können.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird es als vorteilhaft angesehen, wenn der Ausgleichsraum jeweils zu den Innenkammern hin abgedichtet wird, so daß er über eine nach außen führende Öffnung mit dem einen oder dem weiteren Druck beaufschlagbar ist. Der so hergestellte Sensor ist dann einsetzbar, wenn das Medium, dessen Druck erfaßt werden soll, nicht aggressiv und auch nicht stark verschmutzt ist.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Ausgleichsraum mit einer der Innenkammern druckübertragend verbunden. Bei einem danach hergestellten Sensor ist dann auch der Ausgleichsraum — wie in üblicher Weise die Innenkammern — mit einer inkompressiblen Flüssigkeit füllbar, die bei Druckdifferenz-Sensoren der hier angesprochenen Art im allgemeinen nicht nur in den Innenkammern, sondern auch bis zu zwei äußeren Trennmembranen hin vorhanden ist.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können hinsichtlich des Ausgleichsraums unterschiedlich ausgestaltete Druckdifferenz-Sensoren hergestellt werden. Beispielsweise kann ein Sensor mit einem um die Innenkammern herum geführten, geschlossenen Kanal als Ausgleichsraum hergestellt werden. Dies führt aber zu

gewissen Schwierigkeiten, weil die Halbleiter-Meßmembran innerhalb des Ausgleichskanals fest eingespannt werden muß.

Demgegenüber vorteilhafter erscheint es, wenn der Ausgleichsraum in mehrere, um die Innenkammern herum angeordnete Ausgleichskammern unterteilt wird. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, die Halbleiter-Meßmembran in üblicher Weise einzuspannen, weil sie als Ganzes in üblicher Weise erhalten bleibt.

Als besonders vorteilhaft wird es angesehen, wenn bei dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Ausgleichskammer einerseits mit einer Einfüllöffnung für eine inkompressible Flüssigkeit und andererseits mit einer Innenkammer und eine weitere Ausgleichskammer einerseits mit einer weiteren Einfüllöffnung für eine inkompressible Flüssigkeit und andererseits mit der anderen Innenkammer druckübertragend verbunden werden. Auf diese Weise läßt sich nämlich über die Ausgleichskammern in relativ einfacher Weise deren Befüllung sowie auch die der Innenkammern mit der inkompressiblen Flüssigkeit von einer Seite her bewerkstelligen.

Um die Herstellung der Tragteile im Hinblick auf die Bereitstellung des Ausgleichsraumes möglichst einfach zu gestalten, wird bei einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens jedes Tragteil aus zwei Scheiben hergestellt, von denen eine Scheibe mit mindestens einem Durchgangsloch zur Bildung des Ausgleichsraumes beiträgt. Dadurch läßt sich die Herstellung von Sacklöchern vermeiden, weil die jeweils eine Scheibe nur mit einem relativ einfach herzustellenden Durchgangsloch und die andere das Tragteil bildende Scheibe durchgängig aus Vollmaterial hergestellt sein kann.

Die das jeweilige Tragteil bildenden Scheiben können unterschiedlich miteinander verbunden werden; als besonders vorteilhaft wird es angesehen, wenn die Scheiben durch Bonden miteinander verbunden werden.

Zur Erläuterung der Erfindung ist in

Fig. 1 ein Schnitt durch ein Ausführungsbeispiel eines nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Druckdifferenz-Sensors gemäß der Linie I-I in Fig. 2, in

Fig. 2 ein Schnitt entlang der Linie II-II in der Darstellung nach Fig. 1, in

Fig. 3 eine Draufsicht auf einen beim erfindungsgemäßen Verfahren benutzten Wafer-Aufbau und in

Fig. 4 ein Schnitt durch den Wafer-Aufbau nach Fig. 3 entlang der Linie IV-IV dargestellt.

Der in Fig. 1 dargestellte Druckdifferenz-Sensor 1 weist eine Halbleiter-Meßmembran 2 auf, die vorzugsweise aus Silizium mit einer derartigen Dotierung hergestellt ist, daß sie hinreichend leitfähig ist. Die Halbleiter-Meßmembran 2 ist zwischen einem in der Fig. 1 oberen Tragteil 3 und einem weiteren — in der Fig. 1 unteren — Tragteil 4 eingespannt. Sowohl das eine Tragteil 3 als auch das weitere Tragteil 4 bestehen vorzugsweise aus Halbleitermaterial wie Silizium. Die Halbleiter-Meßmembran 2 ist mit den beiden Tragteilen 3 und 4 in ihrem Bereich 5 durch Bonden fest eingespannt, wobei zwischen der Halbleiter-Meßmembran 2 und den Tragteilen 3 und 4 jeweils bondfähige (in der Figur nicht dargestellte) Glasschichten zur Isolierung vorhanden sind. Es können aber die Tragteile 3 und 4 auch aus Glas oder Keramik bestehen. Das eine Tragteil 3 ist durch Ätzen mit einer Ausnehmung 6 versehen, die in ihrem Grunde eine flächenhafte Elektrode 7 trägt. In entsprechender Weise ist das weitere Tragteil 4 durch Ätzen mit einer Ausnehmung 8 versehen, die eine weitere flächenhafte Elektrode 9 aufweist. Die Ausnehmung

gen 6 bzw. 8 bilden zusammen mit der Halbleiter-Meßmembran 2 jeweils eine Innenkammer 10 und 11, die über jeweils eine Bohrung 12 bzw. 13 in den Tragteilen 3 bzw. 4 mit jeweils einer Vorkammer 14 bzw. 15 unter Trennmembranen 16 und 17 verbunden sind. Darüber hinaus ist die eine Innenkammer 10 über einen seitlichen Kanal 18 mit einer Ausgleichskammer 19 (vergleiche Fig. 2) verbunden. Entsprechend ist die weitere Innenkammer 11 über einen weiteren seitlichen Kanal 20 mit einer weiteren Ausgleichskammer 21 verbunden.

Wie Fig. 2 ferner erkennen läßt, sind noch zusätzliche Ausgleichskammern 22 und 23 vorhanden, die ebenfalls über seitliche Kanäle 24 und 25 mit den Innenkammern 10 bzw. 11 in Verbindung stehen.

Der Innenraum des in den Fig. 1 und 2 dargestellten Druckdifferenz-Sensors zwischen den Trennmembranen 16 und 17 wird über Einfüllöffnungen 26 und 27 mit einer inkompressiblen Flüssigkeit gefüllt, und zwar — wie insbesondere Fig. 1 zeigt — über die Ausgleichskammern 19 und 21. Nach der Befüllung mit der inkompressiblen Flüssigkeit werden die Einfüllöffnungen 26 und 27 in nicht dargestellter Weise dauerhaft verschlossen.

Die flächenhafte Elektrode 7 ist über eine Leiterbahn 28 (in Fig. 2 nur teilweise dargestellt) zu einem äußeren Anschluß 29 geführt, während die flächenhafte Elektrode 9 über eine entsprechende Leiterbahn 30 mit einem äußeren Anschluß 31 verbunden ist. Ein äußerer Anschluß 32 mit einer Leiterbahn 33 für die Halbleiter-Meßmembran 2 ist ebenso — wie die anderen äußeren Anschlüsse 29 und 31 — auf der freien Oberfläche 34 des weiteren Tragteils 4 angeordnet. Die elektrischen Leiterbahnen 28 und 30 sind entweder in Kanälen der Tragteile 3 und 4 isoliert nach außen geführt, oder als auf der Oberfläche der Tragteile 3 und 4 liegende Bahnen mit Isolierüberzug.

Die Fig. 3 und 4 dienen zur Erläuterung eines vorteilhaften Herstellverfahrens von erfindungsgemäßen Druckdifferenzsensoren. In Fig. 3 ist ein Stadium des Herstellverfahrens wiedergegeben, in dem bereits auf einen Wafer 35 (vgl. auch Fig. 4) mit mehreren Tragteilen 4 gemäß Fig. 1 ein weiterer Wafer 36 mit Halbleiter-Meßmembranen 2 gemäß Fig. 1 durch anodisches Bonden aufgebracht ist; der Wafer 35 ist vorher mit den äußeren Anschlüssen 29, 31 und 32 sowie mit den Leiterbahnen 30 und 33 und einer Anschlußbahn 37 versehen worden, wobei die Leiterbahn 30 unmittelbar zu der flächenhaften Elektrode 9 und die Leiterbahn 33 zur Halbleiter-Meßmembran 2 führt. Die Anschlußbahn 37 ist mit dem Steg 45 beim Bonden elektrisch verbunden. Der weitere Wafer 36 hat vor dem Verbinden mit dem Wafer 35 durch Ätzen nicht nur Durchgangslöcher 40 für die Ausgleichskammern 19, 21, 22 und 23 erhalten, sondern ist auch mit einem rechteckförmigen Durchgangsloch 41 versehen worden, um diesen Wafer als einheitliche Scheibe zu erhalten, indem Verbindungsstege 42 und 43 jeweils stehen bleiben. Die strichpunktierten Linien in Fig. 3 sollen die äußeren Umrisse der einzelnen Druckdifferenz-Sensoren nach Abschluß des Herstellverfahrens angeben. Zunächst ist in dem dargestellten Verfahrensstadium aber nur ein Wafer-Verbund aus den Wafers 35 und 36 vorhanden. In diesen Verbund werden Teilschnitte 44 eingebracht, die im spitzen Winkel zur Längserstreckung des rechteckförmigen Durchgangsloches verlaufen; die Teilschnitte sind so tief geführt, daß sie den weiteren Wafer 36 völlig durchtrennen. Dies bedeutet, daß nicht nur jeweils die Stege 43 des weiteren Wafers 36 von den übrigen Teilen dieses

Wafers abgetrennt werden, sondern auch der in der Fig. 3 schraffierte Bereich 45.

Anschließend wird in einem weiteren Herstellschritt durch Bonden mit dem insoweit hergestellten Wafer-Verbund ein zusätzlicher Wafer 46 — in Fig. 4 strichpunktiiert dargestellt — verbunden, der mehrere Tragteile 3 gemäß Fig. 1 aufweist. Dadurch werden Anschlußbahnen 37 zu den Leiterbahnen 28 der auf diesem zusätzlichen Wafer 46 angebrachten Tragteile 3 jeweils über die Stege 43 und die Bereiche 45 geführt. Anschließend erfolgen Trennschnitte 47, wie dies die Fig. 4 zeigt, so daß einzelne Druckdifferenz-Sensoren gebildet sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Druckdifferenz-Sensoren, bei denen
 - eine Halbleiter-Meßmembran zwischen zwei Tragteilen unter Bildung jeweils einer Innenkammer eingespannt ist,
 - die Tragteile innen jeweils eine flächenhafte Elektrode tragen,
 - die eine Innenkammer über eine Durchgangsöffnung in dem einen Tragteil mit einem weiteren Druck entsprechend der zu messenden Druckdifferenz beaufschlagbar sind und
 - im Bereich innerhalb der Einspannung der Halbleiter-Meßmembran ein innerer, druckbelasteter Ausgleichsraum vorhanden ist, der sich lediglich peripher über beide Tragteile erstreckt,
 mit folgenden Schritten:
 - ein Wafer (35) mit mehreren, mit jeweils einer flächenhaften Elektrode (9) und mit jeweils mit einem äußeren Anschluß (31) versehenen Tragteilen (4) wird durch Bonden auf einen weiteren Wafer (36) mit mehreren Halbleiter-Meßmembranen (2) aufgebracht,
 - wobei am weiteren Wafer (36) jeweils an einer Seite der Halbleiter-Meßmembranen (2) ein rechteckförmiges Durchgangsloch (41) vorhanden ist,
 - durch von dem rechteckförmigen Durchgangsloch (41) und im spitzen Winkel zu seiner Längserstreckung verlaufende Teilschnitte (44) durch den weiteren Wafer (36) wird jeweils ein im Zuge des rechteckförmigen Durchgangsloches (44) liegender Steg (43) des weiteren Wafers (36) von den Halbleiter-Meßmembranen (2) isoliert,
 - ein zusätzlicher Wafer (46) mit mehreren, mit jeweils einer flächenhaften Elektrode (7) und mit jeweils mit einem äußeren Anschluß (29) versehenen weiteren Tragteilen (3) wird durch Bonden mit dem weiteren Wafer (36) verbunden, und
 - mittels Trennschnitten (47) durch die rechteckförmigen Durchgangslöcher (41) in deren Längserstreckung und senkrecht dazu werden die Druckdifferenz-Sensoren (1) gebildet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgleichsraum jeweils zu den Innenkammern hin abgedichtet wird, so daß er über eine nach außen führende Öffnung mit dem einen oder dem weiteren Druck beaufschlagbar ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgleichsraum (19, 21, 22, 23)

jeweils mit einer der Innenkammern (10, 11) druckübertragend verbunden wird.

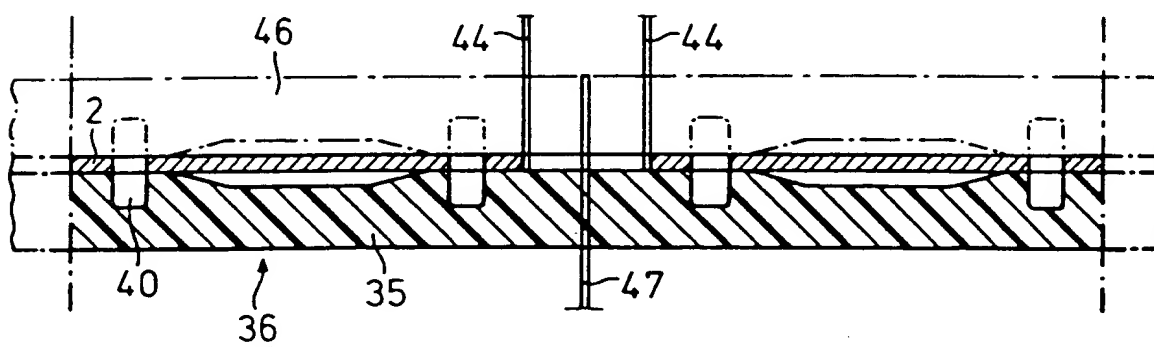
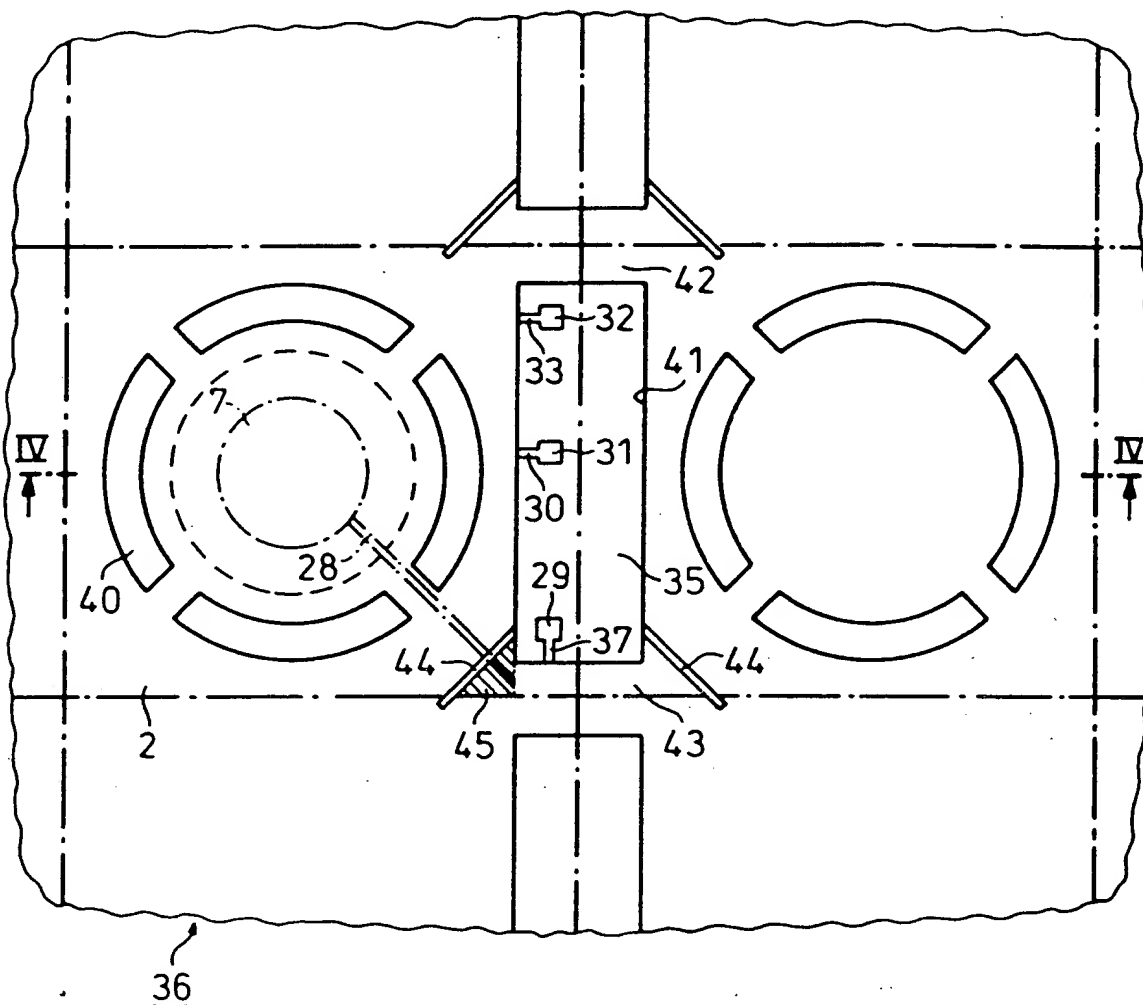
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgleichsraum jeweils in mehrere um die Innenkammern (10, 11) herum angeordnete Ausgleichskammern (19, 21, 22, 23) unterteilt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ausgleichskammer (19) einerseits mit einer Einfüllöffnung (26) für eine inkompressible Flüssigkeit und andererseits mit einer Innenkammer (10) und eine weitere Ausgleichskammer (21) einerseits mit einer weiteren Einfüllöffnung (27) für eine inkompressible Flüssigkeit und andererseits mit der anderen Innenkammer (11) druckübertragend verbunden werden.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Tragteil aus zwei Scheiben hergestellt wird, von denen eine Scheibe mit mindestens einem Durchgangsloch zur Bildung des Ausgleichsraumes beiträgt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Scheiben durch Bonden miteinander verbunden werden.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen



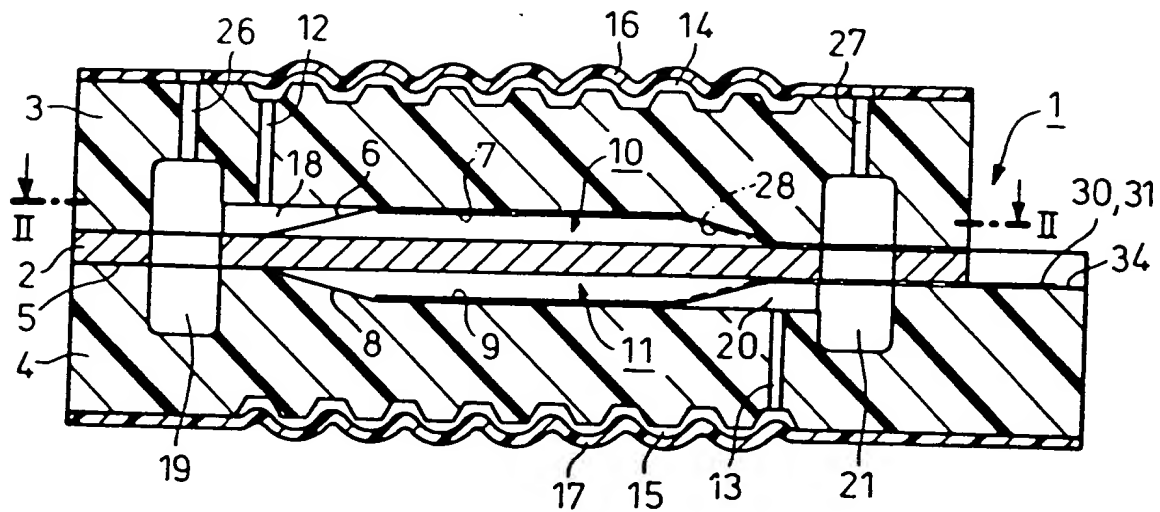


FIG 1

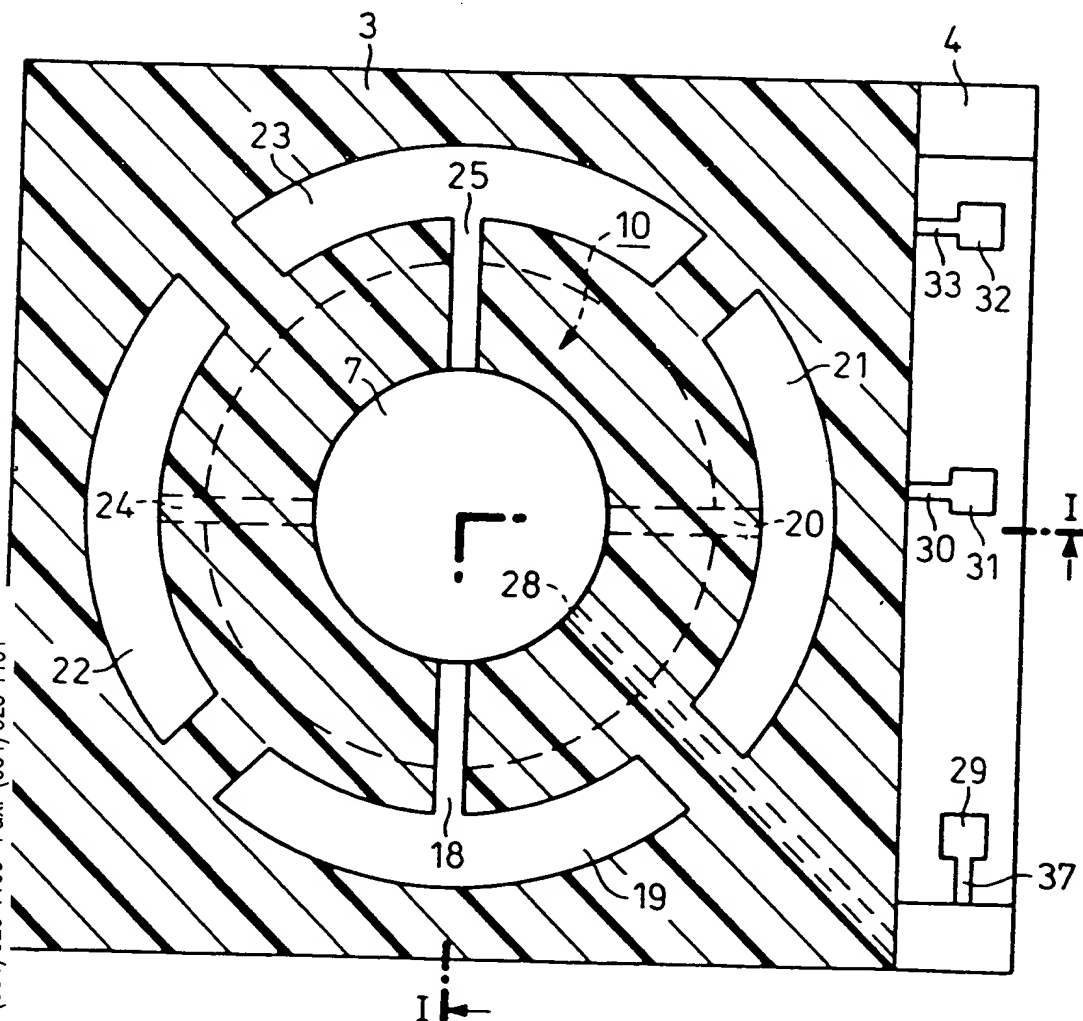


FIG 2

Docket # CR 98 P 1307P
Applic. # 09/623, 924
Applicant: Werner

Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101